

Lihat diskusi, statistik, dan profil penulis untuk publikasi ini di: <https://www.researchgate.net/publication/343955392>

## Sistem Penyimpanan dan Pengambilan Otomatis menggunakan Single Mobile Robot

Makalah Konferensi · Juni 2020

DOI: 10.1109/ICECCE49384.2020.9179180

---

KUTIPAN

0

---

BACA

269

3 penulis, termasuk:



**Hanan Majid**

Universitas Basrah

6 PUBLIKASI 18 KUTIPAN

[LIHAT PROFIL](#)



**Abdulmuttalib Turki Rasyid**

Universitas Basrah

80 PUBLIKASI 640 CITASI

[LIHAT PROFIL](#)

Lihat diskusi, statistik, dan profil penulis untuk publikasi ini di: <https://www.researchgate.net/publication/342591805>

## Sistem Penyimpanan dan Pengambilan Otomatis menggunakan Algoritma Jalur Optimal

Makalah Konferensi di Jurnal Irak untuk Teknik Listrik dan Elektronik - Juni 2020

DOI: 10.37917/ijeee.sceeer.3rd.18

KUTIPAN

0

BACA

75

6 penulis, termasuk:



**Abdulmuttalib Turki Rasyid**

Universitas Basrah

72 PUBLIKASI 341 KUTIPAN

[LIHAT PROFIL](#)



**Hanan Majid**

Universitas Basrah

3 PUBLIKASI 2 KUTIPAN

[LIHAT PROFIL](#)



**Khearia A. Mohamad**

Universitas Basrah

8 PUBLIKASI 19 KUTIPAN

[LIHAT PROFIL](#)

Beberapa penulis publikasi ini juga sedang mengerjakan proyek terkait berikut:



Kontrol Formasi Pemimpin-Pengikut untuk Robot Multi-Mobile Menggunakan [proyek Quadrotor View](#)



Perancangan dan konstruksi sistem penyimpanan objek menggunakan robot pengikut garis [Lihat proyek](#)

# Sistem Penyimpanan dan Pengambilan Otomatis menggunakan Algoritma Jalur Optimal

Hanan M. Hamid\* , Abdulmuttalib Turki Rasyid, Kharia A. Al Amry  
Jurusan Teknik Elektro, Universitas Basrah, Basrah, Irak.

Korespondensi \*

Hanan M. Hameed

Jurusan Teknik Elektro,

Universitas Basrah, Basrah, Irak.

Email: [ranamajeed90@gmail.com](mailto:ranamajeed90@gmail.com)

## Abstrak

**Permintaan akan penerapan robot bergerak dalam melakukan tugas-tugas yang membosankan dan ekstensif meningkat pesat karena tidak tersedianya tenaga kerja manusia. Navigasi oleh manusia di dalam gudang adalah salah satu tugas yang berulang dan melelahkan. Navigasi otonom robot seluler untuk mengambil dan menjatuhkan rak di dalam gudang akan menghemat waktu dan uang untuk bisnis pergudangan. Mengusulkan model optimasi untuk sistem penyimpanan dan pengambilan otomatis dengan tujuan perencanaannya diselidiki untuk meminimalkan waktu perjalanan dalam sistem multi-robot. Makalah ini membahas perancangan sistem untuk menyimpan dan mengambil sekelompok material dalam suatu lingkungan yang disusun dalam barisan. Persimpangannya mewakili lokasi penyimpanan. Judul suatu mata pelajaran ditunjukkan dengan nomor baris dan kolom yang ada di dalamnya. Sebuah metode diusulkan untuk menyimpan dan mengambil sekumpulan permintaan (bahan) menggunakan sejumlah robot serta satu port penerima dan pengiriman. Beberapa hasil simulasi diuji untuk menunjukkan peningkatan panjang jalur dan**

**KATA KUNCI:** Robot multi-mobile, sistem AS/RS, lingkungan statis

## I. PENDAHULUAN

Pergudangan adalah fungsi yang melibatkan penyimpanan dan pengambilan bahan mentah, komponen, dan barang jadi serta pengiriman barang. Namun, toko mobil adalah cara berpikir baru dalam hal pergudangan di mana tujuan utama produknya adalah untuk meningkatkan kualitas logistik internal. Dalam penyimpanan otomatis, inti dari sistemnya adalah sistem penyimpanan otomatis yang dioperasikan oleh robot. Ini adalah produk utama di bawah cabang Logistik. Hal ini dapat mengurangi kebutuhan tenaga kerja, memaksimalkan penggunaan penyimpanan dan beroperasi 24 jam per hari, serta menjadi produk energi ramah lingkungan dalam hal distribusi [1]. Konsumen menuntut pengiriman yang lebih cepat, akses terhadap tenaga kerja yang semakin sulit, dan meningkatnya persaingan. Jadi, Robotika Goods to Person (G2P) merupakan salah satu solusi dimana robotika (G2P) dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis seperti Pick Assistant with Autonomous Mobile Robot (PA-AMR's),

Robot Bergerak Otonom (AMR) dan Sistem Penyimpanan dan Pengambilan Otomatis (ASRS). Perbandingan antara keduanya ditunjukkan pada tabel 1 berikut [2, 3]. Robotika & otomatisasi dengan cepat menjadi faktor kunci keberhasilan dalam e-niaga dan akan memberikan dampak yang sangat besar pada dunia logistik. Mulai dari AMR dan AS/RS hingga teknologi pelacakan & penelusuran serta perangkat lunak rantai pasokan yang canggih, ini merupakan terobosan baru yang memungkinkan distribusi semakin cepat, aman, dan bebas kesalahan, waktu pemasaran yang lebih singkat, dan pada akhirnya menurunkan biaya bagi dunia usaha dan konsumen. Robot dapat bekerja di dalamnya

kondisi yang "lebih keras" dibandingkan manusia, membutuhkan lebih sedikit cahaya dan pemanas, dan juga membutuhkan lebih sedikit energi dibandingkan truk tradisional [4, 5]. Sistem Multi Robot MRS dapat dicirikan sebagai bidang penelitian yang menyelidiki penggunaan beberapa robot yang beroperasi di lingkungan yang sama.



Ini adalah artikel akses terbuka di bawah ketentuan Lisensi Atribusi Creative Commons, yang mengizinkan penggunaan, distribusi, dan reproduksi dalam media apa pun, asalkan karya asli dikutip dengan benar.

© 2020 Penulis. Jurnal Irak untuk Teknik Listrik dan Elektronik oleh Fakultas Teknik, Universitas Basrah.

TABEL 1  
PERBANDINGAN SISTEM PA-AMR, AMR DAN ASRS.

PA-AMR	AMR	ASRS
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pilih Asisten dengan basis AMR, sering kali menyertakan Lidar.</li> <li>Robot kolaboratif manusia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Robot Bergerak Otonom, (termasuk AGV menggunakan fidusia)</li> <li>Gudang gelap.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistem Penyimpanan dan Pengambilan Otomatis.</li> <li>Gudang gelap.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Dikerahkan di infrastruktur gudang yang ada</li> <li>Pemetikan yang diperbesar.</li> <li>Spesifikasi K3 tertinggi, seperti mengangkat barang berat, bekerja di antara manusia.</li> <li>Kecepatan pengambilan rendah.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Terutama digunakan di infrastruktur yang ada gudang.</li> <li>Pindahkan pod (rak) ke tempat pengambilan dan pengepakan.</li> <li>Fleksibel &amp; cepat berubah gudang/ruang penyortiran.</li> <li>Efisiensi ruang.</li> <li>Kecepatan pick rendah-sedang.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Terutama ditempatkan di gudang baru.</li> <li>Termasuk sistem antar-jemput berkecepatan tinggi.</li> <li>Kepadatan barang sedang hingga tinggi</li> <li>Kecepatan pengambilan gudang tipe Auto Store rendah-sedang.</li> </ul>
Ambil, MIR, VECNA	Log Swiss, VECNA, ABU-ABU,...	EKSOTIK, DEMATIS, OPEX,....

Sistem robotik adalah platform bergerak, dilengkapi dengan sensor dan aktuator, yang mampu berinteraksi dengan perangkat serupa lainnya dan dengan lingkungan untuk melakukan tugas (sederhana atau kompleks) [6]. Tugas eksplorasi multi-robot terdiri dari lokasi robot dan target serta fungsi biaya yang menentukan biaya perpindahan antar lokasi.

Tujuan dari tugas eksplorasi multi-robot adalah untuk menemukan alokasi target pada robot dan jalur untuk setiap robot yang mengunjungi semua target yang dialokasikan padanya sehingga tujuan tim tercapai. Dalam makalah ini, dalam makalah ini, tujuan satu tim diselidiki yang meminimalkan jumlah biaya jalur pada semua robot sehingga menghasilkan waktu minimum yang diperlukan untuk setiap siklus.

Ada banyak algoritma perencanaan jalur yang memberikan minimalisasi jalur dan waktu dimana berpindah dari satu titik ke titik lain merupakan salah satu tantangan yang harus dihadapi robot seluler saat ini. Masalah navigasi robot berkaitan dengan pencarian jalur dengan jarak terpendek dan waktu perjalanan terpendek, melalui medan yang mungkin sebagian atau seluruhnya ditentukan oleh jalur, lintasan atau hanya ditentukan oleh satu atau lebih titik jalan antara titik awal. dan titik akhir bahkan di hadapan rintangan yang diam atau bergerak [9,

10]. Tugas eksplorasi multi-robot adalah mencari alokasi target pada robot dan jalur setiap robot yang mengunjungi semua target yang dialokasikan padanya sehingga tujuan tim tercapai.

Dalam makalah ini, tujuan satu tim diselidiki yang meminimalkan jumlah biaya jalur pada semua robot sehingga menghasilkan waktu minimum yang diperlukan untuk setiap siklus [7, 8].

Robot pengikut garis dapat digunakan dalam perencanaan jalur untuk merancang sistem penyimpanan objek [11-15]. Kinerja robot dapat ditingkatkan dengan mengasumsikan robot pengikut garis bergerak pada jalur yang telah ditentukan [16]. Sistem line follower mempunyai kemampuan untuk menggerakkan robot dengan baik [17].

Banyak bidang saat ini yang menggunakan robot pengikut, seperti mengangkat bahan bangunan dan mengangkut barang bawaan yang meningkatkan penggunaan sistem jenis ini [18].

Navigasi robot seluler yang efisien didefinisikan sebagai pembuatan jalur bebas tabrakan dan desain hukum kontrol, yang memberikan jalur berikut yang diinginkan. Upaya besar telah dilakukan untuk memecahkan masalah Perencanaan Gerak Robot (RMP). Perencanaan jalur untuk robot bergerak, yang merupakan konten penting dalam bidang penelitian robot cerdas, biasanya dinyatakan sebagai menemukan urutan transisi keadaan robot dari keadaan awal ke keadaan tujuan yang diinginkan. Jalur tersebut optimal jika jumlah biaya transisi minimal di semua kemungkinan rangkaian melalui peta [19-22]. Banyak sekali algoritma perencanaan jalur yang memberikan minimalisasi jalur dan waktu dimana perpindahan dari satu titik ke titik lainnya merupakan salah satu tantangan yang harus dihadapi robot mobile saat ini. Masalah navigasi robot berkaitan dengan pencarian jalur dengan jarak terpendek dan waktu perjalanan terpendek, melalui medan yang mungkin sebagian atau seluruhnya ditentukan oleh jalur atau lintasan atau hanya ditentukan oleh satu atau lebih titik jalan antara titik awal. dan titik akhir meskipun terdapat rintangan yang tidak bergerak atau bergerak [9, 10]. Dalam bidang teknik, ada dua pendekatan berbeda untuk pemecahan masalah: pendekatan matematis atau heuristik. Dalam pendekatan matematis, pendekatan ini lebih mementingkan penyelesaian daripada perhitungan yang layak dilakukan

algoritma. Dalam pendekatan heuristik, algoritma harus menggunakan pengetahuan khusus mengenai area permasalahan. Pendekatan heuristik dapat menggunakan berbagai cara penyelesaian masalah mulai dari awal hingga akhir [23, 24]. Perencanaan tata letak AS/RS kami didasarkan pada tabel pertanyaan dan frekuensi saat memproduksi produk individual.

Distribusi produk selama operasi AS/RS bergantung pada faktor penyelidikan (FOI), tinggi produk (PH), penggunaan ruang penyimpanan (SSU) dan jalur pengiriman (PD). Kondisi batas lain yang termasuk dalam algoritma optimasi adalah bahwa faktor penyelidikan dapat berubah secara dinamis selama operasi AS/RS sehubungan dengan pasar sebenarnya

persyaratan. Mempertimbangkan semua parameter menghasilkan masalah optimasi multi-tujuan.

Dalam makalah ini, penelitian ini menyelidiki tujuan satu tim yang meminimalkan jumlah biaya jalur pada semua robot yang menghasilkan waktu minimum yang diperlukan untuk setiap siklus [25].

Tujuan dari makalah ini adalah untuk menyediakan sistem AS/RS yang sederhana dan berbiaya rendah dengan akurasi tinggi, cocok untuk menyimpan dan mengambil lebih dari satu pesanan menggunakan robot multi-mobile. Algoritma yang diusulkan dijelaskan pada bagian II. Hasil simulasi dijelaskan pada Bagian III. Kesimpulan akhirnya dibahas.

## II. SISTEM PENYIMPANAN DAN PENGAMBILAN OTOMATIS

Bagian ini membahas perancangan model optimasi untuk sistem penyimpanan dan pengambilan otomatis dengan tujuan perencanaannya untuk meminimalkan waktu perjalanan dalam sistem multi-robot.

Penelitian ini berkaitan dengan perancangan sistem penyimpanan dan pengambilan sekelompok material dalam suatu lingkungan yang disusun dalam baris dan kolom. Persimpangannya mewakili lokasi penyimpanan. Judul suatu subjek ditunjukkan dengan nomor baris dan kolom di dalamnya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Sebuah metode diusulkan untuk menyimpan dan mengambil sekumpulan permintaan (bahan) menggunakan sejumlah robot serta satu robot penerima dan pelabuhan pengiriman.

### Algoritma Jalur Optimal

Ide algoritma ini didasarkan pada penentuan titik pengiriman setelah setiap pesanan, pertama-tama, dan seberapa jauh jaraknya

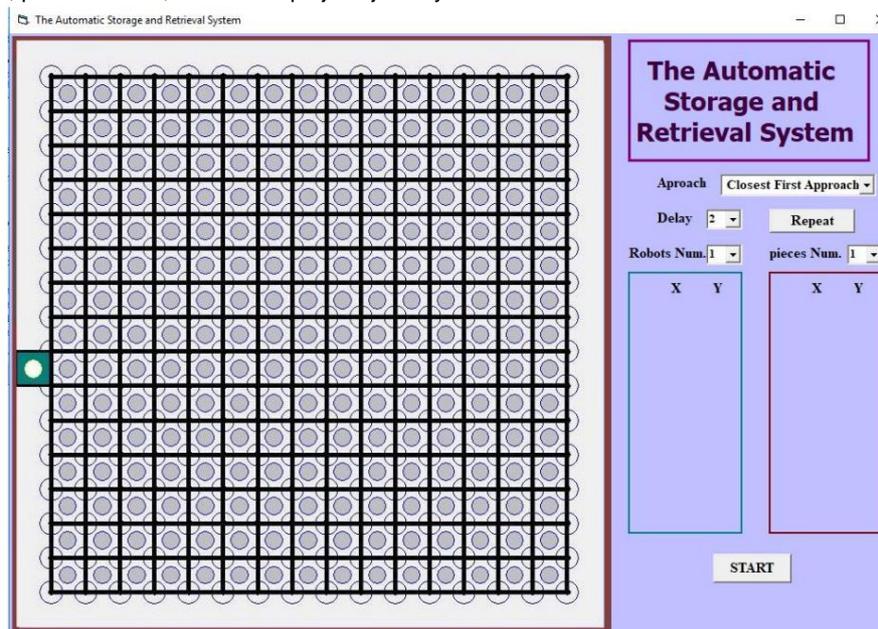
semua robot. Kedua, menghitung segala kemungkinan pengiriman dari masing-masing robot dan semua pesanan bolak-balik ke titik pengiriman. Semua probabilitas dihitung menggunakan algoritma kompatibilitas dimana total jalur untuk mengantarkan semua pesanan dihitung untuk pendistribusian pesanan pada robot, jalur terpanjang diambil sebagai kasus terburuk untuk kemungkinan tersebut, kemudian dicari kemungkinan bahwa kasus terburuk adalah yang paling kecil kemungkinannya untuk mewakili kemungkinan terbaik Jalur optimal untuk menyelesaikan tugas dalam waktu sesingkat-singkatnya. Langkah-langkah implementasi algoritma ini adalah sebagai berikut:

**Langkah 1:** Estimasi jarak antara pesanan dan titik penerimaan: Sumbu koordinat pesanan dan titik penerimaan ditunjukkan pada Gambar. 2. Jarak antara pesanan  $i$  dan titik penerimaan (Gambar 3) dihitung dengan menggunakan persamaan berikut persamaan:

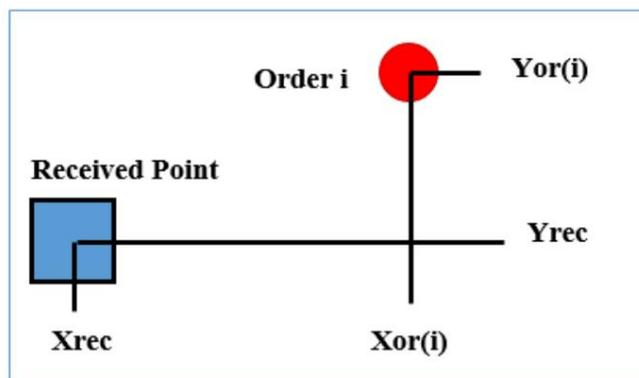
$$D_{ij} = (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 \quad (1)$$

**Langkah 2:** Estimasi jarak antara order dan semua robot: Jarak antara order  $i$  dan robot  $j$  (Gbr. 4) dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

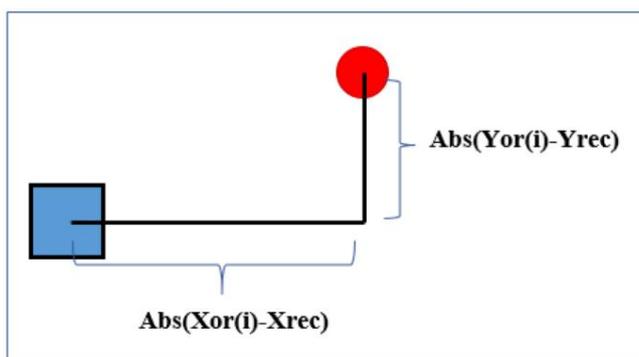
$$D_{ij} = (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 \quad (2)$$



Gbr.1 Lingkungan penyimpanan dan pengambilan otomatis.



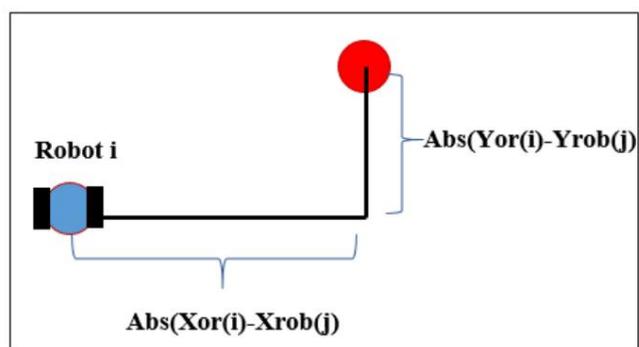
Gambar 2 Sumbu koordinat pesanan dan titik penerima.



Gbr.3 Jarak antara sembarang order i dan titik penerima.

**Langkah 3:** Gunakan salah satu algoritma permutasi untuk menghitung panjang total jalur. Penjumlahan panjang jalur bolak-balik antara pesanan dan penerimaan dengan penambahan jarak antar masing-masing robot.

$$(\cdot) = 2 \ddot{y} \quad (\cdot) + \quad (\cdot) \quad (3)$$



Gbr.4 Jarak antara orde I dan robot j.

**Langkah 4:** pilih jarak maksimum: Untuk setiap probabilitas pilih jarak maksimum: Maks total (j,j)

**Langkah 5:** cari jarak minimum di antara semua jarak maksimum. Jalur ini mewakili probabilitas jalur optimal.

**Langkah 6:** gerakkan robot sesuai urutan yang telah diatur

**Langkah 7:** Penghindaran tabrakan di antara robot saat mereka bergerak.

1. Susun robot secara menurun sesuai jaraknya dari tempat yang diterima.
2. Melalui pergerakan robot, setiap robot memeriksa jarak dengan robot lainnya.
3. Jika jaraknya kurang dari panjang satu sel di lingkungan maka robot dengan orde lebih tinggi harus menghentikan pergerakannya.
4. Langkah terakhir diulangi hingga jarak dengan robot lain lebih besar dari ukuran satu sel.
5. Dua langkah terakhir diulangi sampai semua robot menyelesaikan tugasnya.

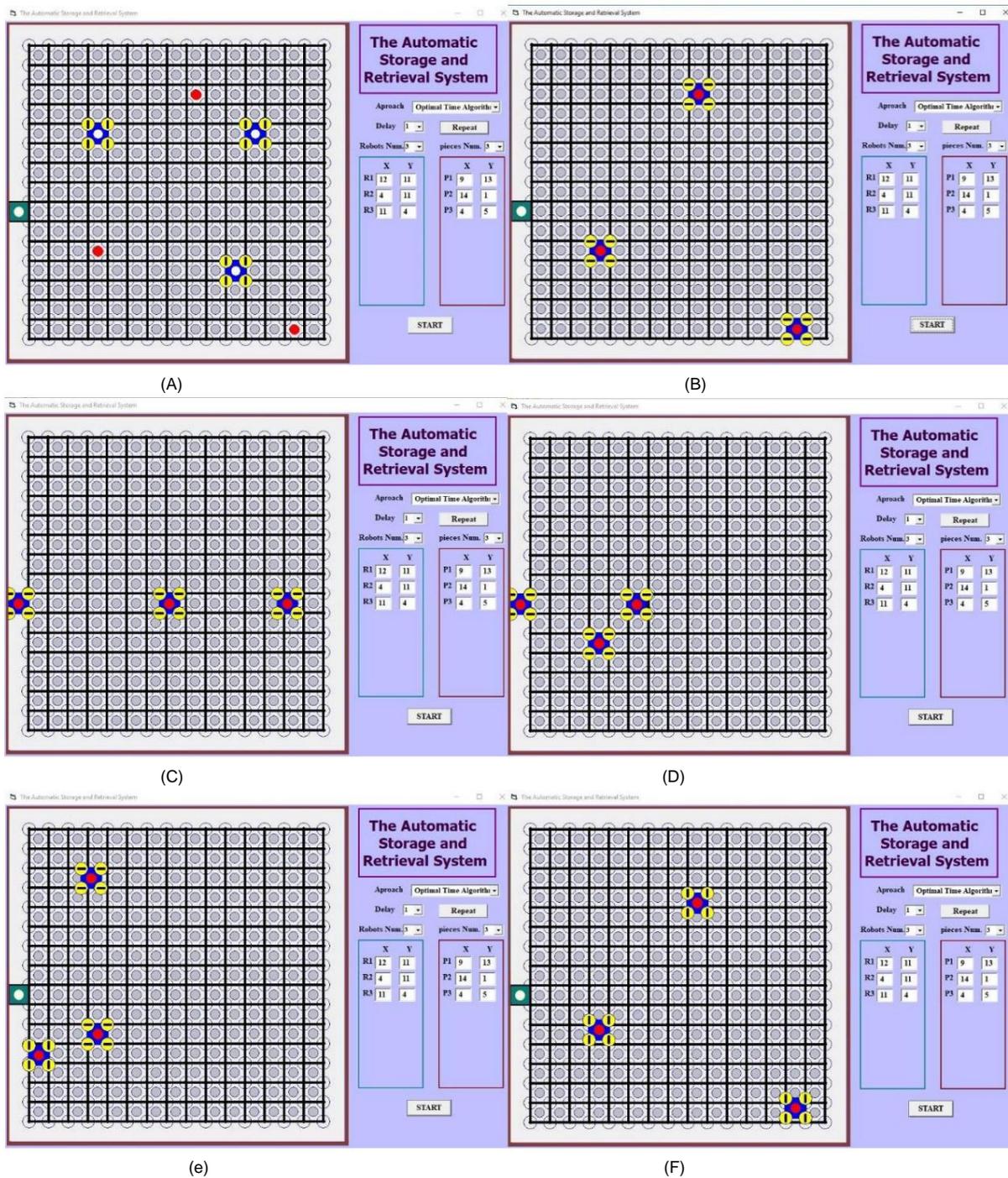
#### AKU AKU AKU. HASIL SIMULASI

Algoritma yang diusulkan (algoritma jalur optimal) disimulasikan untuk menyelidiki operasi penyimpanan dan pengambilan menggunakan bahasa pemrograman Visual basic dan diuji di lingkungan Windows menggunakan Intel core i5. Dua metode diterapkan untuk mensimulasikan kinerja algoritma dan estimatornya. Yang pertama adalah mengimplementasikan algoritma dengan asumsi menghindari tabrakan antar robot saat menjalankan tugas. Yang kedua mewakili penerapan algoritma yang sama dengan penyebab tabrakan antar robot.

Dua percobaan simulasi diterapkan pada bagian ini: Yang pertama menghitung waktu optimal untuk menyelesaikan tugas, sedangkan simulasi kedua dilakukan dengan menghitung panjang jalur rata-rata selama pelaksanaan tugas. Untuk analisis terukur terhadap pendekatan ini, metrik kinerja berikut digunakan:

1. Jalur penyelesaian penyimpanan dan pengambilan (L): metrik ini digunakan untuk mengukur total jalur untuk proses penyimpanan dan pengambilan hingga jumlah pesanan.
2. Waktu penyelesaian penyimpanan dan pengambilan (t): metrik ini digunakan untuk mengukur persentase waktu penyelesaian terhadap jumlah pesanan.

Gambar 5 (a)–(f) mewakili Screenshot simulasi pada langkah waktu yang berbeda menggunakan algoritma jalur optimal (Tidak ada tabrakan antar robot).



Gambar 5 Rata-rata waktu kedatangan menggunakan algoritma waktu optimal (Tidak ada tabrakan antar robot).

Gambar 6 (a) – (f) mewakili Screenshot simulasi pada langkah waktu yang berbeda menggunakan algoritma jalur optimal (Dengan tabrakan antar robot). Tujuan utama dari simulasi ini adalah untuk menunjukkan hubungan antara jumlah pesanan dan waktu penyelesaian penyimpanan dan pengambilan untuk kedua kasus.

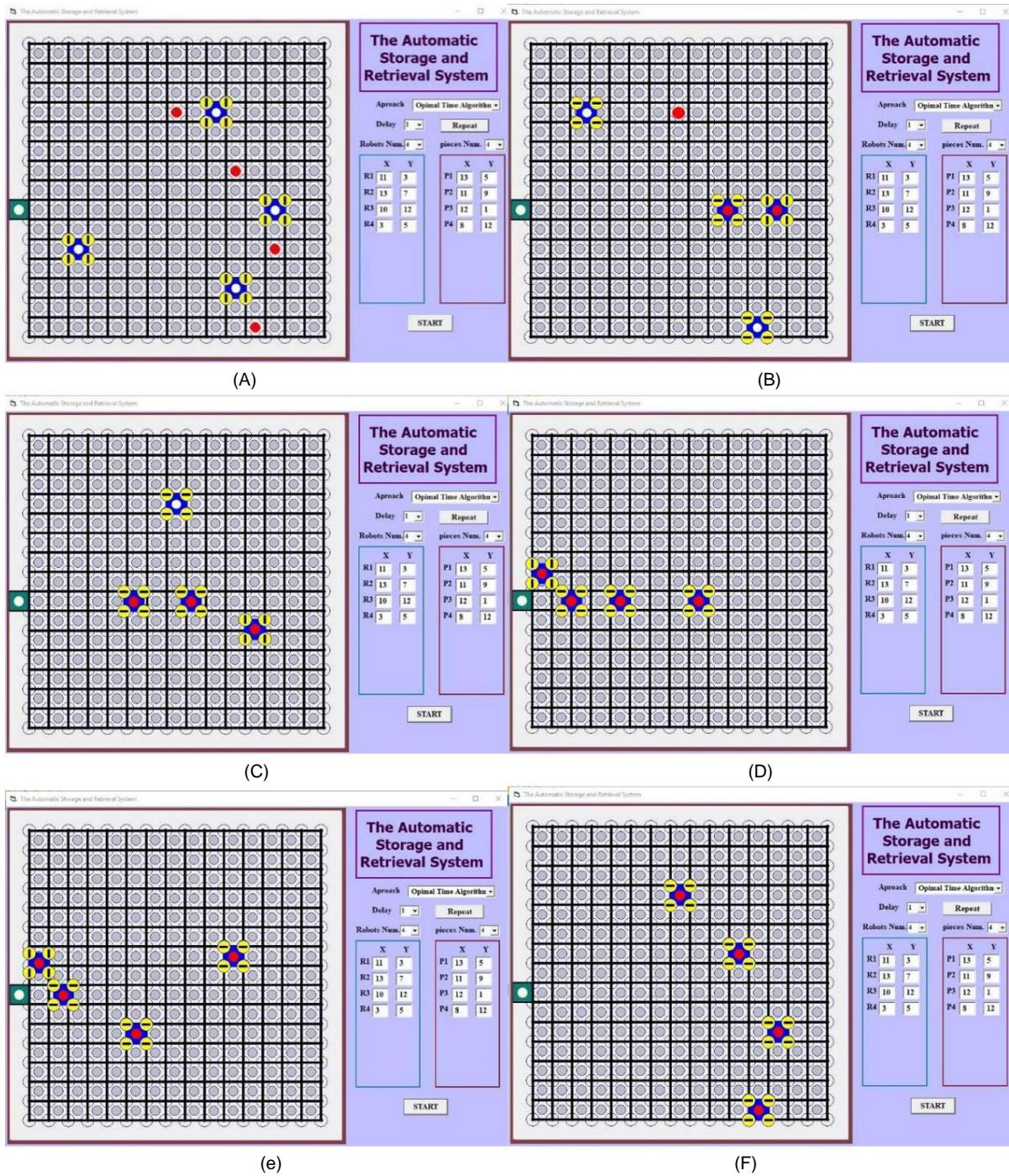
Gambar 7 (a)–(6) merepresentasikan simulasi jalur minimum untuk sejumlah order dan robot yang berbeda (1, 2, 4 dan 6) menggunakan algoritma jalur optimal

Gambar 8 menunjukkan perbandingan jumlah pesanan dan persentase pencapaiannya. Seiring bertambahnya jumlah pesanan dalam tabrakan dan non-tabrakan

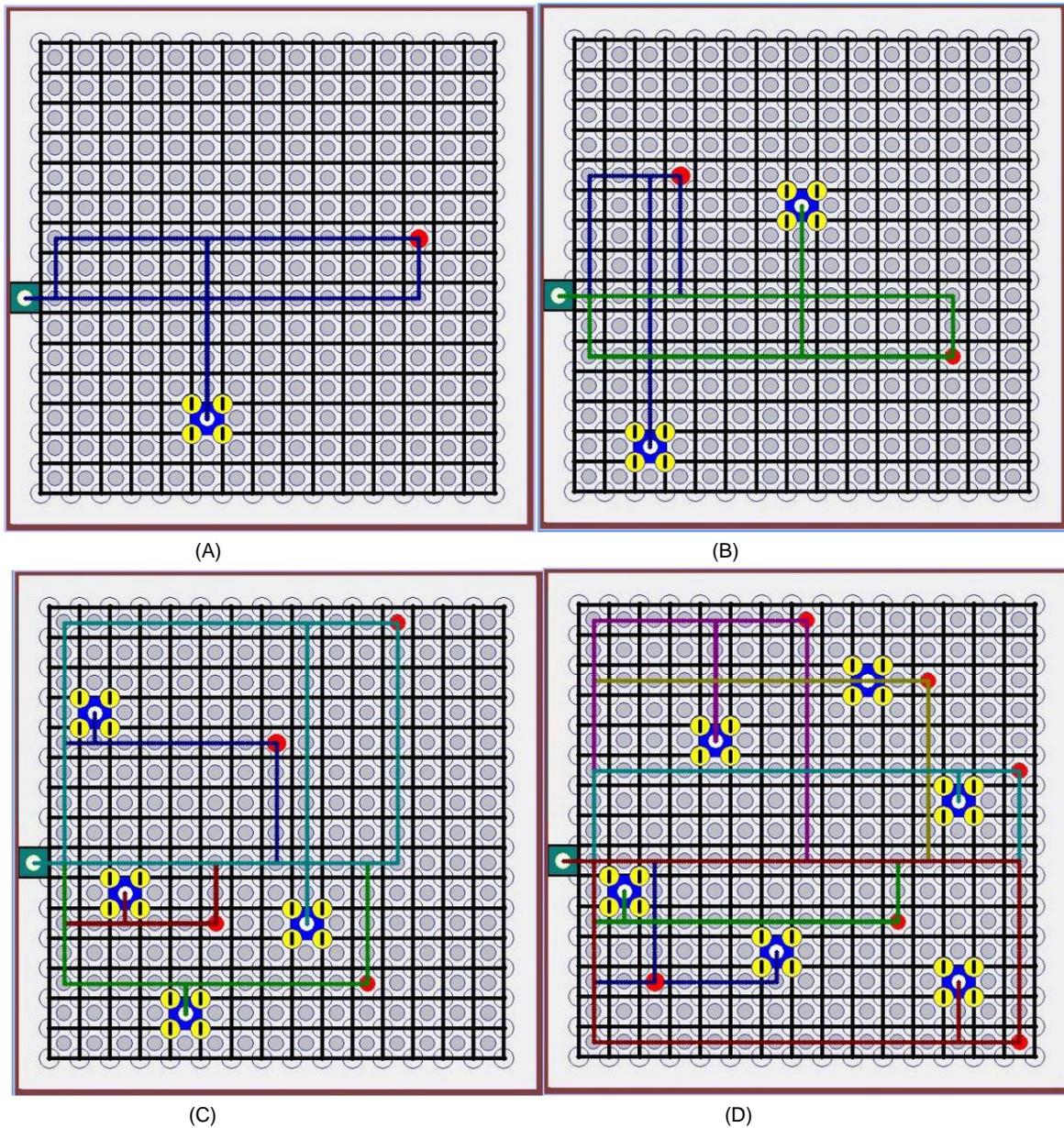
lingkungan, persentase pencapaiannya juga meningkat.

Gambar 9 menunjukkan perbandingan jumlah pesanan dan jalur pencapaian minimum untuk lingkungan tabrakan dan non-tabrakan. Sebagai jumlah

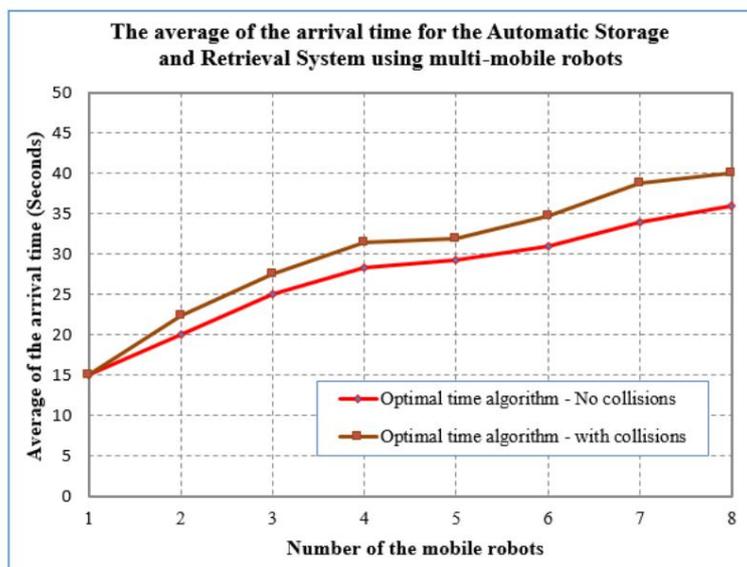
pesanan di lingkungan meningkat, prestasi pun meningkat.



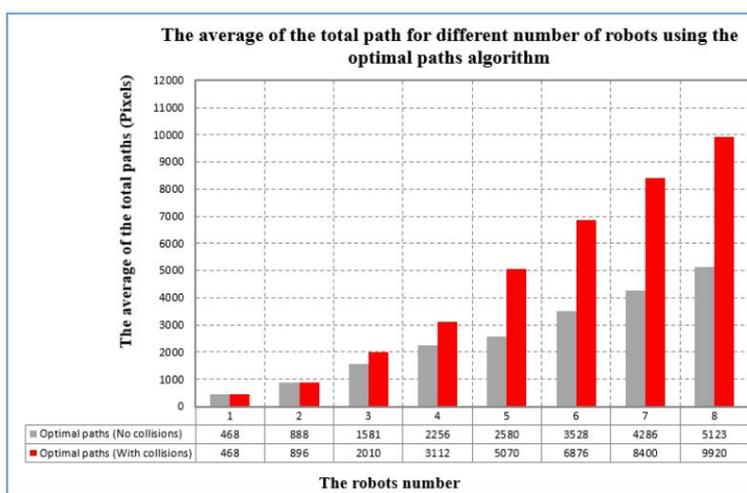
Gambar 6 Rata-rata waktu kedatangan untuk algoritma waktu optimal (Algoritma penghindaran tabrakan).



Gambar 7 Rata-rata total jalur untuk algoritma jalur optimal. a) satu robot b) Dua robot c) Empat robot d)Enam robot.



Gambar 8 Perbandingan rata-rata waktu kedatangan mobile robot penghindar tabrakan dan bukan tabrakan.



Gambar 9 Perbandingan rata-rata total jalur untuk algoritma jalur optimal (bertabrakan dan tidak bertabrakan robot).

#### IV. KESIMPULAN

Dalam tulisan ini, diusulkan pendekatan penyimpanan dan pengambilan (algoritma jalur optimal) dalam lingkungan statis dengan menggunakan beberapa nomor pesanan dengan beberapa nomor ponsel.

robot. Hasil simulasi diimplementasikan pada lingkungan dengan jumlah order dan robot yang berbeda-beda (1 hingga 8). Hasilnya menunjukkan bahwa sebagai jumlah pesanan

meningkat, waktu pencapaian juga meningkat baik untuk tabrakan maupun non-tabrakan di antara robot-robot. The Non-tabrakan lingkungan memiliki kinerja terbaik dibandingkan lingkungan lainnya dalam satu waktu pencapaian. Dari hasil ditemukan bahwa jalur pencapaian meningkat ketika jumlah pesanan meningkat untuk kedua lingkungan. Selain itu, lingkungan non-tabrakan memiliki jalur pencapaian terpendek dibandingkan pendekatan lainnya.

#### REFERENSI

- [1] H. Hamid, Kh. Al-amry dan A. Rashid, "Sistem penyimpanan dan pengambilan otomatis: gambaran umum", *Jurnal Internasional Aplikasi Komputer* (0975 – 8887), Jil. 177, No.16, hlm.36-43, 2019.
- [2] K. Azadeh, D. Roy, dan R. de Koster, "Transportasi vertikal atau horizontal -perbandingan penyimpanan dan pengambilan robotik Elektronik sistem", *SSRN* jurnal,dio:102139/ssrn.2888615.1,2016.
- [3] F. Mauro, *Menuju perancangan sistem penyortiran parcel yang efektif dan tangguh*, gelar master, Senin 28 Agustus 2017.
- [4] L. Parker, F. Fgan, dan A. Schultz, "Sistem multi-robot. Dari Swarm hingga automata cerdas", Volume III, Prosiding Lokakarya Internasional tentang Sistem Multi-Robot 2005, Diterbitkan oleh

- Springer, PO Box 17, 3300 AA Dordrecht, Belanda.2005.
- [5] S. Sarkar, *Teknik Industri, Perencanaan jalur dan penghindaran rintangan pada robot bergerak*, MsC. tesis, 16 November 2007.
- [6] M. Reeves, *Analisis algoritma perencanaan jalur yang berfokus pada a\* dan d\**, tesis gelar Master, Universitas Dayton, Ohio, Mei 2019.
- [7] D. Singh, *Perencanaan jalur dan optimalisasi evolusi robot beroda*. Tesis MsC, Cleveland State University, Mei 2013.
- [8] J. Debnath, *Algoritma perencanaan jalur dan manajemen sumber daya untuk struktur parkir robotik yang sepenuhnya otomatis dan bertingkat*, tesis MsC, Universitas Toledo Agustus 2016.
- [9] M. Cunkas, dan O. Ozer, "Optimasi penetapan lokasi untuk unit-load as/ rs dengan dual-shuttle", *Jurnal Internasional Sistem Cerdas dan Aplikasi di bidang Teknik IJISAE*, 7(2), 66–71 | 66, 2019.
- [10] kamu. Zhang, Zh.Lin, P. Tsai, J. Zhou1, dan J. Dai, "Optimasi penjadwalan penyimpanan susun untuk robot gudang otomatis profil berdasarkan derajat pencampuran", Konferensi Internasional Teknik Elektro dan Otomasi (ICEEA 2016) ISBN: 978-1-60595-407-3, 2016
- [11] AT Rashid, FR Ali, dan OT Rashid, "Desain dan Konstruksi Sistem Penyimpanan Dinamis menggunakan Algoritma Kurva Bezier", *Jurnal Internasional Aplikasi Komputer*, vol. 179, No.42, hlm.22-29, 2018.
- [12] AT Rashid, FR Ali, dan OT Rashid, "Implementasi perangkat lunak sistem penyimpanan statis menggunakan algoritma penganalisis diferensial digital", Konferensi Internasional Irak tentang Teknologi Rekayasa dan Aplikasinya, Universitas Islam - Najaf – Irak, 2018.
- [13] FR Ali, dan AT Rashid, "Desain dan implementasi sistem penyimpanan objek statis dan dinamis menggunakan robot pengikut garis", Konferensi Internasional tentang Kemajuan Rekayasa dan Aplikasi Berkelanjutan, universitas Wasit - Irak, 2018.
- [14] FR Ali, dan AT Rashid, "Implementasi perangkat lunak sistem penyimpanan objek menggunakan robot pengikut garis", Konferensi Internasional Al-Sadiq Kedua tentang Multidisiplin dalam Ilmu dan Aplikasi TI dan Komunikasi, 2017.
- [15] FR Ali, AT Rashid dan OT Rashid, "Perancangan dan Konstruksi Sistem Penyimpanan Benda Menggunakan Robot Line Follower", *Jurnal Internasional Aplikasi Komputer*, vol. 181, No.15, hlm.27-35, 2018.
- [16] P. Goel, G. Arora, dan VK Panchal, "Memasukkan Radius Persepsi ke Robot Pengikut Garis", IEEE, 2014.
- [17] HAI. Gumus, M. Topaloglu, dan D. Ozcelik, "Penggunaan robot pengikut garis yang dikendalikan komputer di angkutan umum", Konferensi Internasional ke-12 tentang Penerapan Sistem Fuzzy dan Komputasi Lunak, ICAFS, 2016.
- [18] RH Rafi Rezae, S. Das, N. Ahmed, I. Hossain, dan ST "Desain & implementasi robot pengikut garis untuk aplikasi berbasis irigasi", Konferensi Internasional ke-19 tentang Komputer dan Teknologi Informasi, hal. 480-483 [19] N. Algoritma perencanaan jalur robot bergerak otonom Sariff 1, 2016.
- dan N. Bunyamin 2", Konferensi Mahasiswa, "Ikhtisar tentang ke-4 tentang Penelitian dan Pengembangan (Scored 2006), Juni 2006.
- [20] S.MahmoudZadeh, D. Powers, K. Sammut, A. Lammas, dan AM Yazdani, "Perencanaan rute optimal dengan penjadwalan tugas yang diprioritaskan untuk misi auv", Pusat Teknik Maritim, Kontrol dan Pencitraan Flinders University, Adelaide, SA 5042, Australia, 2016
- [21] Algoritma ZY, AT Rasyid, dan AF Marhoon, "An Ibrahim untuk perencanaan jalur dengan penghindaran rintangan poligon berdasarkan garis singgung lingkaran maya", *Irak J. Teknik Elektro dan Elektronika*, Vol. 12, No.2, hal.221-234, 2016.
- [22] ZY Ibrahim AT Rashid, dan AF Marhoon, "Perencanaan jalur berbasis prediksi dengan penghindaran rintangan dalam lingkungan target yang dinamis", *Jurnal Basrah Ilmu Teknik*, Vol. 16, No. 2, hlm. 48 – 60, 2017.
- [23] H. Zheng, "Perencanaan gerakan simbolik multi-robot berbasis kepercayaan dengan human-in-the-loop", *Transaksi ACM pada Sistem Cerdas Interaktif*, Vol. 9, No.4, Pasal 39. Tanggal terbit: Maret 2017.
- [24] H.Zhang, W. Lin dan A. Chen, "Perencanaan Jalur untuk Robot Bergerak: Tinjauan", *Symmetry* 2018, 10, 450; doi:10.3390/sym10100450, www.mdpi.com/journal/symmetry
- [25] K. Solovey, *Perencanaan gerak multi-robot: teori dan praktik*, doktor filsafat, Universitas Tel-Aviv, Maret 2018